

(54) MAGNETIC FIELD GENERATION DEVICE FOR MRI

(11) 4-138131 (A) (43) 12.5.1992 (19) JP

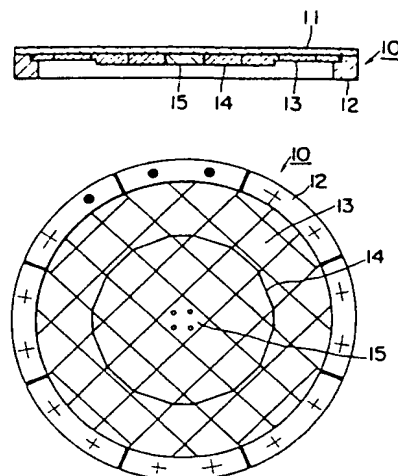
(21) Appl. No. 2-261417 (22) 29.9.1990

(71) SUMITOMO SPECIAL METALS CO LTD (72) HIDEYA SAKURAI(1)

(51) Int. Cl⁵. A61B5/055, G01R33/38, H01F7/02

PURPOSE: To reduce the occurrence of eddy current and remanence phenomena due to an inclined magnetic field coil by forming a pair of pole pieces opposite to each other via a gap with a plurality of block type pole piece materials of a plurality of silicon steel sheets intergrally laminated in the opposing direction of the pole pieces.

CONSTITUTION: A pole piece 10 comprises a magnetic material base 11 made of disc-shaped soft iron, a soft iron magnetic material ring 12 of rectangular section laid around the magnetic material base 11, a plurality of block type pole piece materials 13 laid on the upper surface of the magnetic material base 11. The block type pole piece material 13 is fixed to the magnetic material base 11 with a synthetic resin adhesive. The soft fixing type magnetic ring 12 of rectangular section laid around the magnetic material base 11 is so formed as to have larger height at the side of the periphery of the pole piece 10 for the concentration of magnetic flux in the predetermined gap, and an annular projection for improving the uniformity of the magnetic flux. The ring 12 is bolted to the magnetic material base 11 via an insulation material. Furthermore, the magnetic material ring 12 is divided in a circumferential direction, thereby forming radial slits to reduce an eddy current effect.

**(54) MAGNETIC FIELD GENERATION DEVICE FOR MRI**

(11) 4-138132 (A) (43) 12.5.1992 (19) JP

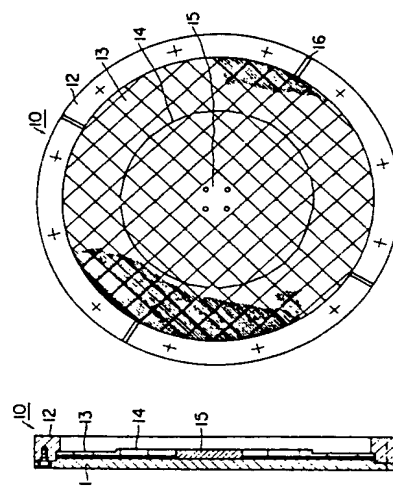
(21) Appl. No. 2-261418 (22) 29.9.1990

(71) SUMITOMO SPECIAL METALS CO LTD (72) HIDEYA SAKURAI(1)

(51) Int. Cl⁵. A61B5/055, G01R33/38, H01F7/02

PURPOSE: To reduce the occurrence of eddy current and remanence phenomena due to an inclined magnetic field coil by forming a pair of pole pieces opposite to each other via a gap with a plurality of pole piece materials of a plurality of non-oriented silicon steel sheets intergrally laminated in a direction orthogonal with the opposing direction of the pole pieces.

CONSTITUTION: A pole piece 10 comprises a magnetic material base 11 made of disc-shaped soft iron, a soft iron magnetic material ring 12 of rectangular section laid around the magnetic material base 11, a plurality of block type pole piece materials 13 laid on the upper surface of the magnetic material base 11. The block type pole piece material 13 is fixed to the magnetic material base 11 with a synthetic resin adhesive. The soft fixing type magnetic ring 12 of rectangular section laid around the magnetic material base 11 is so formed as to have larger height at the side of the periphery of the pole piece 10 for the concentration of magnetic flux in the predetermined gap, and an annular projection for improving the uniformity of the magnetic flux. The ring 12 is bolted to the magnetic material base 11 via an insulation material. Furthermore, the magnetic material ring 12 is divided in a circumferential direction, thereby forming radial slits 16 to reduce an eddy current effect.

**(54) COIL POSITION DETECTING METHOD AND MR DEVICE**

(11) 4-138133 (A) (43) 12.5.1992 (19) JP

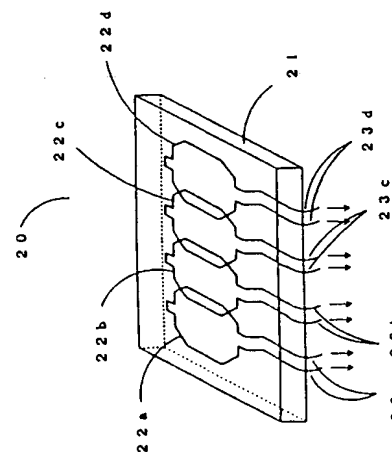
(21) Appl. No. 2-259970 (22) 28.9.1990

(71) YOKOGAWA MEDICAL SYST LTD (72) KAZUYA HOSHINO(2)

(51) Int. Cl⁵. A61B5/055, G01R33/30

PURPOSE: To accurately detect a coil position in a magnet assembly and arbitrarily change the position by forming a template on the basis of a shading pattern, and undertaking template matching with an MR image obtained with the same surface coil.

CONSTITUTION: Before taking a diagnostic image, a template is prepared on the basis of the shading pattern of each of receiving coils 22a to 22d. Thereafter, image data is calculated on the basis of an MR signal obtained from an MR device for reconstructing an MR image for detecting a coil position. In the MR image, there appears a color shade representing a difference in the tissue of a subject, together with shading reflecting the sensitivity distribution of the receiving coils 22a to 22d. Subsequently thereto, template matching is undertaken, using a stored template and the positions of the aforesaid coils 22a to 22d are recognized. Then, the positional coordinate of the aforesaid coils 22a to 22d in a magnet assembly is calculated from a positional coordinate on the MR image for detecting the recognized coil positions.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-138131

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)5月12日

A 61 B 5/055
G 01 R 33/38
H 01 F 7/02

C

7135-5E
7831-4C
7621-2G

A 61 B 5/05
G 01 R 33/22

3 3 1

C

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全7頁)

⑮ 発明の名称 MRI用磁界発生装置

⑯ 特 願 平2-261417

⑰ 出 願 平2(1990)9月29日

⑱ 発 明 者 桜 井 秀 也 大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住友特殊金属株式会社山崎製作所内

⑲ 発 明 者 青 木 雅 昭 大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住友特殊金属株式会社山崎製作所内

⑳ 出 願 人 住友特殊金属株式会社 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

㉑ 代 理 人 弁理士 押田 良久

明 細 書

1. 発明の名称

MRI用磁界発生装置

2. 特許請求の範囲

1

空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、

複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して一体化したブロック状磁極片用部材を複数個用いて磁極片を形成したことを特徴とするMRI用磁界発生装置。

2

複数個のブロック状磁極片用部材を板状の磁性材ベース上に配置して磁極片を形成し、磁極片の空隙対向面側に直径方向のスリットを一箇所以上設けた磁性材リングからなる環状突起を配設したことを特徴とする請求項1記載のMRI用磁界発生装置。

3

ブロック状磁極片用部材が無方向性けい素鋼板からなることを特徴とする請求項1または請求項2記載のMRI用磁界発生装置。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

この発明は、医療用磁気共鳴断層撮影装置(以下MRIという)等に用いられる磁界発生装置の改良に係り、空隙を形成して対向する一対の磁極片を、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して一体化した複数個のブロック状磁極片用部材で構成し、空隙内の磁界均一度を損なうことなく、傾斜磁界コイルによる磁極片内の渦電流、残磁現象の低減を図ったMRI用磁界発生装置に関する。

従来の技術

MRIは、強力な磁界を形成する磁界発生装置の空隙内に、被検者の一部または全部を挿入して、対象物の断層イメージを得てその組織の性質まで描き出すことができる装置である。

上記MRI用の磁界発生装置において、空隙は被検者の一部または全部が挿入できるだけの広さが



特開平4-138131 (2)

必要であり、かつ鮮明な断層イメージを得るために、通常、空隙内の撮像視野内には、0.02~2.0Tでかつ 1×10^{-4} 以下の飽度を有する安定した強力な均一磁界を形成することが要求される。

MRIに用いる磁界発生装置として、第4図に示す如く、磁界発生源としてR-Fe-B系磁石を用いた一対の永久磁石積成体(1)(1)の各々の一方端に磁極片(2)(2)を固着して対向させ、他方端を磁鉄(3)にて連結し、磁極片(2)(2)間の空隙(4)内に、静磁界を発生させる構成が知られている。

磁極片(2)(2)には、空隙(4)内における磁界分布の均一度を向上させるために、周辺部に現状突起(5)を設けてあり、通常、電磁軟鉄、純鉄等の磁性材料を削り出した板状のバルク(一体物)から構成される(特開昭60-88407号公報)。

各磁極片(2)(2)の近傍に配置される傾斜磁界コイル(6)は、空隙(4)内の位置情報を得るために、通常X、Y、Zの3方向に対応する3組のコイル群からなるが、図示においては簡略して記載している。

る磁界により磁極片が磁化され、磁気ヒステリシス現象(残磁現象)によりGCパルスを停止後も残磁により、空隙内の均一度が乱れる問題がある。

この発明は、MRI用磁界発生装置の磁極片における上記現状に鑑み提案するもので、空隙内の磁界均一度を低下させることなく、渦電流の発生を低減して短時間で傾斜磁界が所定の強度に上昇し得る構成からなる磁極片の提供を目的とし、また残磁現象を低減して高感度で鮮明な画像を得ることができる構成からなる磁極片の提供を目的とし、さらに加工、製造が容易で、機械的強度が高く組立て作業性にすぐれた構成からなる磁極片の提供を目的としている。

課題を解決するための手段

この発明は、MRI用磁界発生装置において、上記目的を達成するために種々検討した結果、空隙を形成して対向する一対の磁極片を、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して一体化した複数個のブロック状磁極片用部材にて所定形状に構成することによって、加工、製造が容易で、

この傾斜磁界コイル(6)に、パルス電流を印加することによって台形波状に時間変化する所望方向の傾斜磁界を発生することができる。

発明が解決しようとする課題

傾斜磁界コイル(6)にパルス電流を流すと、磁極片(2)は前述した如く板状のバルクから積成されるため、その電流の立上り、立下がり時に磁界が急激に変化し磁極片(2)(2)に渦電流が発生する。

この渦電流は傾斜磁界コイル(6)にて形成される磁界と反対方向の磁界を形成するため、傾斜磁界が所定の強度に達するのに多くの時間を要する。

上述の問題を解決する手段として、磁極片として軟質磁性薄板を積層面が磁極面に対して垂直に成るように積層した平板状の積層体を、その積層方向が互いに略90度異なるよう二層に配置一体化した積成のものをを用いた磁界発生装置(特開昭61-203605号)、比抵抗の高い磁性粉を用いた磁界発生装置(特開昭63-25907)が提案されている。

しかしながら、上述の渦電流低減を図った構成においても、傾斜磁場コイル(GC)により形成され

る磁界強度および磁界均一度を低下させることなく、傾斜磁場コイルによる渦電流、並びに残磁現象を低減できることを知見した。

すなわち、この発明は、

空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、

複数枚のけい素鋼板を該磁極片の対向方向に積層して一体化したブロック状磁極片用部材を複数個用いて磁極片を形成したことを特徴とするMRI用磁界発生装置である。

また、この発明は、上記構成において、複数個のブロック状磁極片用部材を板状の磁性材ベース上に配置して磁極片を形成することにより、磁極片全体の機械的強度を向上させ、磁極片の取扱いを容易にすることができ、また磁極片の空隙対向面側に直径方向のスリットを一箇所以上設けた磁性材リングからなる現状突起を配置することにより、さらに磁界均一度が向上することを知見した。

さらに、上記各構成において、ブロック状磁極片用部材を無方向性けい素鋼板にて構成した場合、残磁現象低減に顕著な効果を示すことを知見し、この発明を完成したものである。

この発明の対象とするMRI用磁界発生装置は、空隙を形成して対向する一対の磁極片を有して該空隙に磁界を発生させる構成であれば、後述する実施例に限定されることなく、いかなる構成にも適用できる。

すなわち、磁界発生源となる磁石構成体も永久磁石に限定されることなく電磁石等の採用も可能であり、また磁石構成体に直接磁極片が配置される構成でなくともよい。さらに、これらの磁石構成体と一対の磁極片とを磁気的に接続して空隙に磁界を発生する磁路形成用の継鉄の形状寸法等も要求される空隙の大きさ、磁界強度、磁界均一度等種々の諸特性に応じて適宜選定すれば良い。

作 用

ブロック状磁極片用部材は少なくとも2個以上からなるが、磁極片の形状寸法、要求される諸特性、組立作業性等を考慮して分割数を決定する。実用に際しては、けい素鋼板を所定方向に積層して一体化し1辺50mm~200mm程度の正方形板状に切断されたブロック状磁極片用部材を40~200ブロック程度用いて磁極片を形成するとよい。

ブロック状磁極片用部材を構成するけい素鋼板の厚みは任意の厚みでよく、一般に入手し易いけい素鋼板は0.35mm程度と薄い、積層方向が一対の磁極片の対向方向であることから非常に作業性良く積層一体化できる。

また、各けい素鋼板の表面には絶縁被膜が形成されており、積層時に互いに電気的に絶縁されることになり、さらにこれらをブロック化する際に、絶縁性樹脂を真空含浸することによって一体化するため、個々のブロック状磁極片用部材(13)が電気的に絶縁されることになり、渦電流の発生防止効果が得られる。

以下、磁界発生源として一対の永久磁石を用いた構成例について説明する。

永久磁石

磁気回路に用いる磁石構成体の永久磁石は、フェライト磁石、アルニコ系磁石、希土類コバルト系磁石が使用できるが、特に、RとしてNdやPrを中心とする資源的に豊富な軽希土類を用い、B、Feを主成分として30MGOe以上の極めて高いエネルギー積を示すR-Fe-B系永久磁石を使用することにより、著しく小型化することができる。

磁極片

この発明は、磁極片を構成する複数個のブロック状磁極片用部材を、複数枚のけい素鋼板を一対の磁極片の対向方向に積層して一体化して形成したことを特徴としている。使用されるけい素鋼板は、磁化容易軸方向が圧延方向にあるいわゆる方向性けい素鋼板(JIS C2553等)や、該方向性のない無方向性けい素鋼板(JIS C2552等)が使用できるが、特に残磁現象を低減するためには無方向性けい素鋼板が望ましい。

また、磁極片を構成している各ブロック状磁極片用部材の厚さを調整することにより、後述の実施例に示す如く、磁極片中央部に略円形凸状部や断面台形状の突起部を設け、磁界均一度をさらに向上させることができる。

これらのブロック状磁極片用部材は直接永久磁石構成体の空隙対向面に配置してもよいが、後述する板状の磁性材ベース上に配置することにより、磁極片全体の機械的な強度を向上させ、取扱いやすく磁気回路の組立作業を容易にすることができる。

さらに、板状の磁性材ベースを設けてブロック状磁極片用部材で磁極片を構成し、空隙対向面の周縁部に軟鉄材等からなる磁性材リングを配置して環状突起を形成することが磁界均一度の向上に好ましい。

磁性材ベース厚みとブロック状磁極片用部材との厚み比を最適化することにより、磁極片に要求される磁界強度の均等化と渦電流および残磁現象の防止効果が最大限に発揮され、さらに、複数個

のブロック状磁極片用部材からなる磁極片の機械的強度の補強を行うことができ、所要の強度を得るべく磁性材ベースの厚みを適宜選定する必要がある。

上記磁性材ベースには、材質として、純鉄、低炭素鋼などが好ましい。

また、磁極片の周縁部に配置する磁性材リングも磁性材ベースと同様な材質を用いることができ、磁性材ベースの周縁部に配置する他、直接ブロック状磁極片用部材上面に配置することができる。

いずれの構成においても、渦電流の影響を軽減する目的で、現状突起に1つ以上のスリットを設けて分割することが望ましく、さらに、磁性材ベースと現状突起間、磁性材ベースとブロック状磁極片用部材間を電気的に絶縁することが望ましい。

図面に基づく開示

第1図a,bはこの発明による磁界発生装置の磁極片の一実施例を示す上面図と横断面図である。

ブロック状磁極片用部材(13)は第2図及び第3図の如く構成されている。

すなわち、第2図に示すブロック状磁極片用部材(13A)は方向性けい素鋼板を用いた場合を示すもので、予め同一方向に方向性を示す複数枚の方向性けい素鋼板を、その厚さ方向に積層一体化した小ブロック(13a)(13b)(図中イ、ロは磁化容易軸方向を示す)を作成し、その後磁界均一度を向上させるため各磁化容易軸方向が互いに90°異なるようにして積層した所定厚さのブロック状磁極片用部材(13A)からなる。

異方性の場合、圧延方向の保磁力は極めて小さいが、それと直交方向には保磁力が大きくなるため、むしろ後述する無方向性けい素鋼板を用いるほうが残磁現象の低減、組立ての容易さから有利である。

第3図に示すブロック状磁極片用部材(13B)は無方向性けい素鋼板を用いた場合を示すもので、無方向性のため複数枚のけい素鋼板を単にその厚さ

第2図及び第3図は、この発明の磁極片を構成するブロック状磁極片用部材の一実施例を示す斜視図である。

第1図に示す磁極片(10)は、円板状軟鉄からなる磁性材ベース(11)と、磁性材ベース(11)の周辺部に周設された断面矩形の軟鉄製の磁性材リング(12)と、磁性材ベース(11)上面に設けた複数個のブロック状磁極片用部材(13)とからなる。ブロック状磁極片用部材(13)は通常合成樹脂接着材にて磁性材ベース(11)に固着される。

磁性材ベース(11)の周辺部に周設された断面矩形の軟鉄製の磁性材リング(12)は、磁極片(10)の外周部側の高さを他より高くして、磁束を所要空隙に集中させかつ均一度を向上させる現状突起を形成するためのものであり、磁性材ベース(11)との間に絶縁材を介在させてボルト止めしてあり、さらに磁性材リング(12)を周方向に分割(図では8個に分割)することで直径方向のスリット(16)を設けて、渦電流の影響を低減する構成である。

方向に積層して一体化するだけで所定厚さからなるブロック状磁極片用部材(13B)を構成できる。

これらの複数のブロック状磁極片用部材(13)は図示の如く略円板状を形成するように配置するが、磁極片(10)の空隙対向面の中央部には所要直径の円形凸状部(14)を形成するため、ブロック状磁極片用部材(13)の厚みが異なるものを用いており、当該円形凸状部で磁界均一度を向上させることができる。

また、磁性材ベース(11)の中心部に、軟鉄製のコア部(15)を設けているが、これは傾斜磁界コイルを装荷するための基台を構成している。

作用

以上に示す構成からなる磁極片(10)をMRI用磁界発生装置に用いると、けい素鋼板は飽和磁束密度(Ba)が高く、空隙の磁界均一化が達成しやすく、また保磁力(Hc)(ヒステリシス損)の小さな電気的に絶縁されている基板を複数枚積層した構成であることから、傾斜磁場コイルにGCパルスが印

加されても磁極に発生する渦電流は低減され、しかも残磁現象を低減させることも可能となる。

実施例

実施例1

第4図と同様構成の磁界発生装置に、 $(BH)_{\max} 35 \text{ MGOe}$ を有するR-Fe-B系永久磁石を用い、下記性状の軟鉄からなる磁性材ベース上に下記性状の方向性けい素鋼板を用い第2図に示す構成としたブロック状磁極片用部材を設け、軟鉄からなる現状突起(スリットは4箇所とした)を設けた一対の磁極片の対向間距離を500mmに設定した。

実施例2

実施例1と全く同様構成で、ブロック状磁極片用部材を下記性状の無方向性けい素鋼板を用い第3図に示す構成とし、磁界発生装置を組み立てた。

比較例

実施例1と全く同様構成であるが、同寸法、形状の磁極片をベース部と同軟鉄のバルク材で構成し、磁界発生装置を組み立てた。

性及び無方向性けい素鋼板の厚さは0.35mmを採用した。

| | |
|-----------|--|
| 磁性材ベース部 | 純鉄 |
| | $H_c = 80 \text{ A/m}$ |
| | $B_s = 2.0 \text{ T}$ |
| | $\rho = 1 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$ |
| 方向性けい素鋼板 | $H_c = 4.8 \text{ A/m}$ |
| | $B_s = 1.8 \text{ T}$ |
| | $\rho = 48 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ |
| 無方向性けい素鋼板 | $H_c = 40 \text{ A/m}$ |
| | $B_s = 1.7 \text{ T}$ |
| | $\rho = 45 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ |

発明の効果

実施例に明らかな如く、複数枚のけい素鋼板を磁極片の対向方向に積層して一体化したブロック状磁極片用部材を複数個用いた構成からなる磁極片を、MRI用磁界発生装置に用いると、空隙の磁界が均一化され、傾斜磁場コイルによる渦電流の低減の効果とともに、GCパルスにより生じる残磁を低減させる効果がある。

測定結果

以上3種類の磁界発生装置における磁界均一度と磁界強度、傾斜磁場コイルによる渦電流の低減効果とともに、GCパルスにより生じる残留磁気を測定した。

その結果、実施例1,2、比較例とも空隙中心から半径200mm内の計測空間での測定値で、磁界均一度;30ppm、磁界強度;0.2Tを得た。

傾斜磁場コイルによる渦電流は、この発明による実施例1と実施例2の場合、比較例に対して、それぞれ1/3以下に低減された。

GCパルスにより生じる残留磁気は、この発明による実施例1の場合、比較例に対して、1/2以下に低減され、実施例2の場合、比較例に対して、1/3以下に低減された。

磁性材ベースは外径1050mm、厚さ25mmとした。

また、種々の磁極片用部材の磁性材ベース上配置後の厚さ(最大厚さ)は25mmとした。ただし方向

また、けい素鋼板の積層方向が磁極片対向方向と同方向であることから積層一体化作業が極めて容易となる利点を有している。

4.図面の簡単な説明

第1図a,bはこの発明による磁界発生装置の磁極片の一実施例を示す上面図と横断面図である。

第2図、第3図はブロック状磁極片用部材の斜視説明図である。

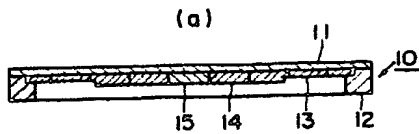
第4図a,bは従来の磁界発生装置の縦断面図と横断面図である。

1…永久磁石積成体、2,10…磁極片、3…導鉄、4…空隙、5…現状突起、6…傾斜磁界コイル、11…磁性材ベース、12…磁性材リング、13,13A,13B…ブロック状磁極片用部材、14…円形凸状部、15…コア部。

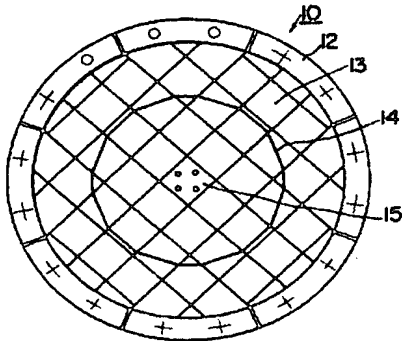
出願人 住友特殊金属株式会社

代理人 弁理士 押田良久

第 1 図

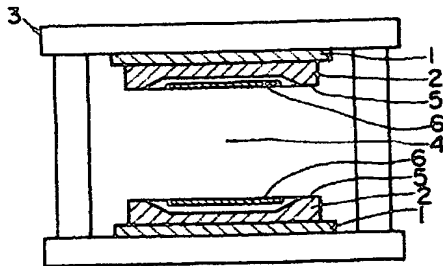


(b)

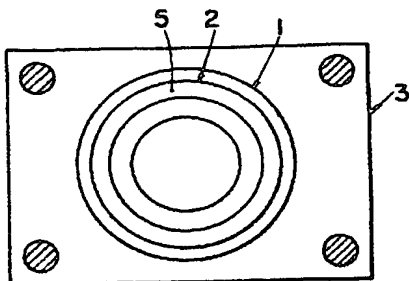


第 4 図

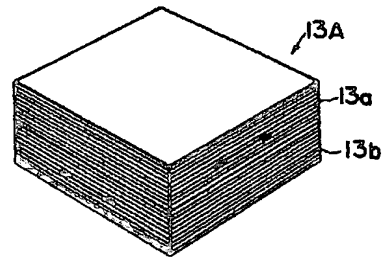
(a)



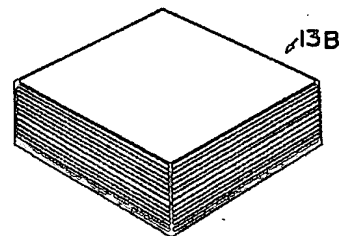
(b)



第 2 図



第 3 図



手続補正書

平成 3 年 12 月 26 日

特許庁長官 殿

1. 特許出願の表示

平成 2 年 特許願 第 261417 号

2. 発明の名称

MRI 用磁界発生装置

3. 補正をする者

出願人との関係

出願人

住所 大阪市中央区北浜 4 丁目 7 番 19 号

名称 住友特殊金属株式会社

4. 代理人

居所 東京都中央区銀座 3-3-12 銀座ビル

Tel 03-3561-0274

氏名 (7390) 弁理士 押 田 良 久

5. 補正命令の日付

自発

6. 補正の対象

明細書の発明の詳しい説明の欄

方式 ⑧

特許庁
4. 1. 4

7.補正の内容

- (1) 明細書第9頁3行の「分割数を決定する。」の後
に「すなわち、種々の分割数にて磁極片を縦横
にあるいは直径方向にと分割することにより、
当該部材形状は種々の形状をとることになり、
同様に積層するけい素鋼板も選定した形状に加
工されることになる。従って例えば、」を追加
する。
- (2) 明細書第17頁6行の「 $p=1\times 10^{-4}\Omega\cdot m$ 」を
「 $p=1\times 10^{-7}\Omega\cdot m$ 」と補正する。

以上